

○ 東北大学 学 桑原 徹郎
東北大学 正 鈴木 基行
東北大学 学 戸谷 有一

1. まえがき

現在構造設計を行なう際一般的に用いられている許容応力度法は、ある意味で非常に簡便で地震等による被害の実態や実験的検証を基にして改善がなされてきた。しかしこの設計法では、組み合わされた個々の荷重の性格の相違を考慮できず、又各部材に対してつり合いのとれた安全度を与えることは困難である。これに対し確率統計理論を基にした限界状態設計法では、各荷重の確率統計的性格を合理的な形で設計に取り入れることができ、各部材、各限界状態相互間の関係を破壊確率という共通の安全性尺度で議論することができる。

本研究においては、確率変数である各構造変数のパラメーターが時間的に一定であるとし、R.C構造物の各種限界状態の中で特に軸力の加わる断面の断面破壊の終局限界状態について、破壊確率を安全性の尺度とし、二次モーメント法を適用し、各構造変数の寄与度、部分安全係数、さらに設計フォーマット式の中で用いられる設計用部分安全係数を評価してみた。

2. 限界状態式及び基準とする各構造変数の確率パラメーターの設定

軸力限界状態式 g_c としては、(1)式を用いた。

$$g_c = (\sigma_c \cdot b \cdot h + \sigma_s \cdot A_s) - N \quad \text{----- (1)}$$

耐力側各構造変数の分布形については、文献(1)により正規分布とし、変動係数についてもその結果を用いた。また荷重作用の分布形としては正規分布を仮定し、その変動係数は20%とした。

3. 理論の展開及び計算方法

二次モーメント法理論については文献(2)を、計算方法については文献(3)を参照されたい。

ここで二次モーメント法により得られた各構造変数に対する部分安全係数を(2)式で示されるような設計フォーマット式に適用するため、部分安全係数を設計用部分安全係数にまとめる必要がある。

$$f\left(\frac{\sigma_{ck}}{\gamma_{mc}}, \frac{\sigma_{sk}}{\gamma_{ms}}\right) \geq \gamma_F \cdot F_k \quad \text{----- (2)}$$

$\sigma_{ck}, \sigma_{sk}, F_k$ はそれぞれコンクリート圧縮強度、鉄筋降伏点強度、荷重作用の特性値を表わし、 $\gamma_{mc}, \gamma_{ms}, \gamma_F$ は各々の特性値に乘除すべき設計用部分安全係数を表わす。軸力限界状態式の場合(2)式は(3)式のように表わされ、設計用部分安全係数は(4),(5),(6)式により与えられる。

$$\frac{\sigma_c}{\gamma_{mc}} \cdot b \cdot h + \frac{\sigma_s}{\gamma_{ms}} \cdot A_s \geq \gamma_F \cdot N \quad \text{----- (3)}$$

$$\gamma_{mc} = \gamma_{\sigma_c} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_h \quad \text{---- (4)} \quad \gamma_{ms} = \gamma_{\sigma_s} \cdot \gamma_{A_s} \quad \text{---- (5)} \quad \gamma_F = \gamma_N \quad \text{---- (6)}$$

ここで(4),(5),(6)式中の γ_i は各構造変数の部分安全係数である。

4. 計算結果

基準とする入力データのうちコンクリート圧縮強度の変動係数 V_{σ_c} のみを変化させた場合の結果を図(1),(2),(3)に示す。図(1)は $P_F = 10^{-5}$ となる時の各

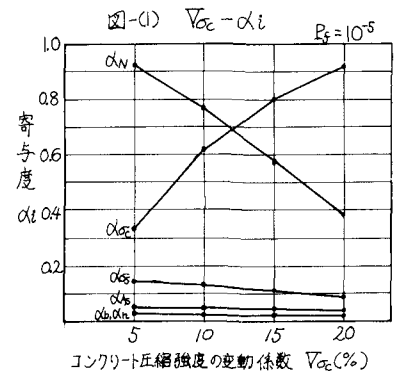
文献(1) 本概要集「構造変数の変動性的実態調査及び耐力評価に関する研究」(武山)

文献(2) 第35回年報橋梁集「103 鉄骨に受けるR.C矩形断面の部分安全係数評価に関する研究」(鈴木)

文献(3) 本概要集「R.C部材のせん断限界状態に対する確率論的安全性評価に関する研究」(戸谷)

表(1) 基準とする各構造変数の確率パラメーター

	分布形	平均値	特性値	変動係数
コンクリート強度 σ_c (%)	正規分布	250 %	240 %	$V_{\sigma_c} = 10\%$
鉄筋降伏点強度 σ_s (%)	正規分布	3500 %	3000 %	$V_{\sigma_s} = 6\%$
鉄筋量 A_s (cm ²)	正規分布	264.6 cm ²	264.6 cm ²	$V_{A_s} = 2\%$
部材幅 b (cm)	正規分布	105 cm	105 cm	$V_b = 0.5\%$
部材高さ h (cm)	正規分布	105 cm	105 cm	$V_h = 0.5\%$
軸力荷重作用 N (kg)	正規分布	特性安全率にて指定	$V_N = 2.0\%$	
鉄筋比		$A_s/b \cdot h = 2.4\%$		



構造変数の α_i の変化を表わしている。 α_i は、各構造変数の変動性が限界状態式(8)の変動性に及ぼす影響度と表現できるが、 V_c が小さい時には大きな値を示していた α_{Vc} が、 V_c が大きくなるにつれ減少し、代りて α_{fc} が増大している。図(2)は図(1)の α_i を部分安全係数 γ_i に書き直したものである。 V_c が20%の時 γ_{fc} が非常に大きな値を示しているのが特徴であり、 $\gamma_{fc}, \gamma_{fs}, \gamma_{fh}$ といった部分安全係数はどの V_c の値に対してもほとんど1.0である。また γ_{fs} の値が1.0以下となるが、これはSD30の降伏点強度の平均値が3500 kg/cm^2 と高いためである。図(3)は破壊確率 $P_f=10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}$ の各安全性水準における設計用部分安全係数である。 $V_c=20\%$ の時 γ_{fc} の値は非常に大きく、各安全性水準における値の違いも顕著である。図(4)は基準のデータのうち荷重の変動係数 V_N だけを变化させることにより得られた設計用部分安全係数である。 V_c, V_{fs}, V_{fh} だけを变化させた場合についても同様に設計用部分安全係数を求めてみたが、これ等については、各変動係数が変化してもほとんど設計用部分安全係数に変化は見られなかった。このことは、軸力に関する断面破壊の終局限界状態を考える上で重要な構造変数の変動係数が、コンクリート圧縮強度及び荷重作用の変動係数であることを意味している。図(5)は、基準のデータのうち鉄筋量 A_b のみを变化させた時の各鉄筋比における設計用部分安全係数である。この図より、鉄筋比が大きくなるにつれ γ_{fc} の値が小さくなり、代りて γ_{fs} の値が大きくなってゆくことがわかる。これは、(1)式第1項に比べ変動係数の小さい(1)式第(2)項が、鉄筋比の大きな所で利いてくるためで、耐力の変動係数は小さくなり、荷重作用の変動性が限界状態式の変動性に及ぼす影響が大きくなることを反映している。

5. まとめ

以上R.C.断面に軸力が作用した場合の断面破壊の終局限界状態について、破壊確率を安全性の尺度とし二乗モーメント法による設計用部分安全係数評価を行ってきたが、この手法には幾つかの向題点がある。まず、実態調査に基づいて耐力の各構造変数を正規分布としたが、得られたデータの範囲外すなわち分布の裾の部分についてはいまだに仮定を行っており、分布の裾が破壊確率にどの程度影響するかは明らかでない。それ以上に、荷重の分布形については正規分布を仮定するに留まっている。我が国のように地震力により終局限界状態に至る可能性が大きい場合、地震力により生ずる荷重作用の分布形を、構造物の耐用期間を考慮しつつ決定してゆかなければならない。さらに各構造変数の分布形がすべて正規分布であれば、二乗モーメント法における線形化点(設計用部分安全係数の評価点)と破壊が起こるとすれば最もその可能性の大きい点とは一致するが、荷重作用が極値タイプのように正規分布でない分布形の場合、線形化点と破壊が最も起こりやすい点とにズレが生じる。この為、二乗モーメント法にその簡便さを保ちつつ分布形に関する情報を取り入れる工夫がなされなければならない。

